Aus dem Physiologischen Institut der Kgl. Tierärztlichen Hochschule zu Dresden.
Direktor: Geheimer Rat Prof. Dr. Dr. Ellenberger.
Ophthalmologische Abteilung.
Vorsteher: Professor Dr. v. Pflugk.

# Die Akkommodation der Ringelnatter.

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Veterinärmedizinischen Doktorwürde
der
durch die ordentlichen Professoren
der Kgl. Tierärztlichen Hochschule zu Dresden verstärkten
Medizinischen Fakultät der Universität Leipzig

vorgelegt von

**Arthur Lesser**
Tierarzt
aus Gotha.

Mit sechs Abbildungen.

**Gotha 1914.**
Druck von Friedrich Andreas Perthes, Aktiengesellschaft.

Aus dem Physiologischen Institut der Kgl. Tierärztlichen Hochschule zu Dresden.
Direktor: Geheimer Rat Prof. Dr. Dr. Ellenberger.
Ophthalmologische Abteilung.
Vorsteher: Professor Dr. v. Pflugk.

# Die Akkommodation der Ringelnatter.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Veterinärmedizinischen Doktorwürde

der

**durch die ordentlichen Professoren der Kgl. Tierärztlichen Hochschule zu Dresden verstärkten Medizinischen Fakultät der Universität Leipzig**

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

vorgelegt von

**Arthur Lesser**
Tierarzt
aus Gotha.

Mit zwei Abbildungen.

**Gotha 1914.**
Druck von Friedrich Andreas Perthes, Aktiengesellschaft.

Gedruckt mit Genehmigung der durch die ordentlichen Professoren der Königlichen Tierärztlichen Hochschule zu Dresden verstärkten medizinischen Fakultät der Universität Leipzig am 14. März 1914.

---

Referent:

Geheimer Rat Prof. Dr. med. et phil. W. Ellenberger.

Meinen lieben Eltern

in Dankbarkeit

gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547013_0080

# Einleitung.

Die alte Anschauung, daß die Einstellung des Auges für Nähe und Ferne durch Druck der Augenmuskeln auf den Augapfel und dadurch bedingte Verlängerung der Augenachse hervorgerufen werde, wurde durch Th. Young [1] umgestoßen. Er klemmte bei seinem historischen Versuch sein eigenes Auge zwischen die Ringe zweier Schlüssel und erzeugte durch Druck auf den hinteren Augenpol in der Nähe des gelben Fleckes ein Druckbild in der Netzhaut. Da während der Akkommodation dieses Auges die Größe des Druckbildes weder zu- noch abnahm, konnte Th. Young beweisen, daß eine Verlängerung der Augenachse während der Akkommodation auszuschließen ist. Eine genügende Erklärung der sich im Auge abspielenden Veränderungen während des Einstellens für die Ferne und für die Nähe wurde aber durch Th. Youngs Versuch nicht gegeben und stand noch lange Zeit aus.

Es war deshalb mit großer Freude zu begrüßen, als es im Jahre 1851 Cramer [2] gelang, einwandfrei darzutun, daß sich diese Vorgänge ausschließlich an der Linse abspielen. Cramer konnte mit Hilfe der Purkinje-Sansonschen Reflexbildchen am Auge von Tauben und jungen Seehunden nachweisen, daß die vordere Linsenfläche während des Akkommodationsvorganges eine vermehrte Krümmung annahm. Zwar hatte zwei Jahre zuvor bereits Langenbeck [3] am menschlichen Auge dieselbe Beobachtung gemacht und veröffentlicht, jedoch ließ die Versuchsanordnung Langenbecks gewisse Bedenken zu, und eine Bestätigung seiner Befunde war bisher nicht erfolgt. Cramer [2] war der Ansicht, daß die vermehrte Krümmung der Linsenvorderfläche während des Akkommodationsvorganges durch den Druck der sich kontrahierenden Iris auf die Linse zustande käme. Dies schien ihm dadurch erwiesen, daß er im Taubenauge nach Entfernung der Iris in keinem Falle irgendwelche Formveränderung der Linse bei Anwendung des elektrischen Stromes beobachten konnte.

Unabhängig von Langenbeck [3] und Cramer fand Helmholtz [4, 5] im Jahre 1853 die gleichen akkommodativen Veränderungen an der Linse des menschlichen Auges, die er zunächst in einem kurzen Bericht an die Akademie der Wissenschaften zu Berlin und später in seiner 1855 erschienenen, ausführlichen Arbeit: „Über die Akkommodation des Auges" veröffentlichte. Einige Jahre später erschien sein Hauptwerk: die erste Ausgabe des „Handbuches der physiologischen Optik", das uns noch heute wegen seiner vorzüglichen Darstellung mit Ehrfurcht und Bewunderung erfüllt.

Auch Helmholtz glaubte zunächst in der Iris den Hauptfaktor für eine Wölbungsvermehrung der vorderen Linsenfläche sehen zu müssen, jedoch ließ er diese Theorie bald fallen, da es sich herausstellte, daß auch die Hinterfläche der Linse während des Akkommodationsvorganges eine vermehrte Krümmung annahm.

Die von Helmholtz aufgestellte Akkommodationstheorie spiegelt sich ungefähr in den folgenden Sätzen wider: „Die Linse ist ein elastischer Körper, der in der Ruhe das Bestreben hat, die Kugelform anzunehmen. Ihre Elastizität verdankt sie in der Hauptsache ihrer Kapsel . . . denn wenn die Kapsel abgestreift ist, zeigen die oberflächlichen Schichten der Linse eine mehr schleimige als eine gallertige Konsistenz. Sie haben keine Spur von dem Bestreben, ihre Form gegen äußere Kraft zu behaupten oder nach Änderung der Form in ihre frühere Form zurückzukehren."

Die Linse wird durch die sich an ihrem äquatorialen Rande anheftende Zonula in ihrer Lage erhalten. Helmholtz nahm an, daß im Ruhestand des Auges die Zonula gespannt ist und einen Zug auf die Äquatorgegend der Linse ausübt. Durch den Zug der Zonula muß sich die Linse infolge ihres weichen Inhalts an den Polen abflachen.

„Die in der Richtung der Meridiane des Auges verlaufenden Radialfasern des Ziliarmuskels, welche am hinteren Ende der Ziliarfortsätze im Gewebe der Aderhaut endigen, werden bei ihrer Zusammenziehung das dort mit der Aderhaut und Glashaut fest verbundene hintere Ende der Zonula nach vorn ziehen und dadurch die Spannung der Zonula und ihren Zug gegen die Peripherie der Linse aufheben müssen, so daß infolge davon die Linse in Richtung ihrer Durchmesser sich zusammenziehen, in Richtung ihrer Achse sich verdicken wird. Dadurch wird auch notwendig die Wölbung ihrer beiden Flächen vergrößert werden." — Über die Ringfaserschicht sagt Helmholtz: „Die Funktion dieser Fasern

scheint mir nur die zu sein, auch den vorderen Teil der Ziliarfortsätze der zurückweichenden Linse und Zonula nachzuschieben.“

Jedoch nur mühsam brach sich die Helmholtzsche Theorie allmählich Bahn, und es fehlte ihr nicht an zahlreichen Anfechtungen. Bereits kurz nach ihrer Veröffentlichung entdeckte H. Müller [6] den später nach ihm benannten Ringmuskel im Ziliarkörper des Menschen und sprach denselben als „hauptsächlichsten Faktor für die Formveränderung der Linse“ an.

Coccius [7] vertrat weder die Helmholtzsche noch die Müllersche Anschauung, sondern nahm einen vermittelnden Standpunkt ein. Er ließ wohl die Zonula infolge der Kontraktion des Ziliarmuskels vorrücken, aber nicht erschlaffen.

Auch Donders [8] konnte sich weder für die eine noch die andere Theorie entscheiden und sagte: „Gegen beide habe ich Bedenken.“

Als entschiedener Gegner der Helmholtzschen Theorie trat zuerst Mannhardt [9] auf. Er erklärt die Krümmungsvermehrung der Linse damit, daß die Kontraktion des Ziliarmuskels „auf Corpus ciliare und Zonula einen Druck ausübt und letztere gespannt wird. Der Endeffekt ist die Vorwölbung der Linse“.

Mit Recht konnte daher Helmholtz [5] in seinem Handbuch der physiologischen Optik sagen: „Über keinen Gegenstand der physiologischen Optik sind soviel widersprechende Ansichten aufgestellt worden, als über die Akkommodation des Auges, weil erst in neuerer Zeit entscheidende Beobachtungstatsachen gefunden wurden, und man bis dahin nur einem Spiel von Hypothesen überlassen gewesen war.“

Jedoch im Laufe der Jahre erwarb sich die Helmholtzsche Akkommodationstheorie immer mehr Anhänger und wurde auch in den meisten Lehrbüchern vorgetragen.

Aber immer wieder tauchten gegenteilige Anschauungen auf. Einer der lebhaftesten Angreifer der Helmholtzschen Theorie war W. Schoen [10, 11], der die Akkommodation nicht auf eine Erschlaffung der Zonula, sondern in Anlehnung an die Mannhardtsche Theorie auf eine vermehrte Spannung derselben zurückführt.

Schoen [10] äußert sich zu dem Akkommodationsvorgang folgendermaßen: „Die Annahme einer bestimmten Kugelgestalt für die Linse ist für meine Akkommodationstheorie nicht nötig, wenn eine solche aber gegeben ist, auch nicht hinderlich, so daß die Frage in suspenso bleiben könnte. — Ist außerdem noch ein Bestreben

der Linse vorhanden, eine dickere Ruheform anzunehmen, so wird dieselbe die Naheeinstellung unterstützen."

„Die Zonula stellt eine Verlängerung der Netzhaut dar. Die vordere Linsenkapsel, die Zonula und die Retina bilden die Umhüllung einer Kugel, deren Inhalt Glaskörper und Linse bilden. Die Zwischenräume zwischen den Zonulafasern werden von der Hyaloidea geschlossen ([11])."

Die physiologische Akkommodation kommt nun dadurch zustande, daß bei Kontraktion der Zirkulärfasern des Ziliarmuskels die Ziliarfortsätze gegen die Begrenzung der Kugel — hier die Zonula — gedrückt werden. Diese werden dadurch nach der Augenachse zu eingebogen und infolgedessen stärker gespannt. Sie werden also das von ihnen eingeschlossene Linsensegment infolge ihrer größeren Spannung vorwölben.

In gleich schroffem Gegensatz wie die Schoensche Akkommodationstheorie steht die Tschernings ([12]) der Helmholtzschen gegenüber.

Auch Tscherning sagt: „Die Linse, der Glaskörper und die Zonula bilden eine fest zusammenhängende Einheit, die den Akkommodationsapparat des Auges vorstellt."

Dem Ziliarmuskel schreibt er eine zweifache Wirkung zu: „Er spannt die Zonulafasern und zieht gleichzeitig das hintere Ende des Ziliarkörpers sowie den vorderen Teil der Aderhaut nach vorn (innen). Der peripherische Teil das Glaskörpers, der innig damit zusammenhängt, macht die Bewegung mit und übt einen Druck auf den peripherischen Teil der Hinterfläche der Linse aus. Infolge der Kompression des peripherischen Linsenteils wölbt sich der mittlere Teil der Linse hervor, wie es jeder Körper macht, dessen Ränder zusammengedrückt werden, sofern er überhaupt einer Formveränderung fähig ist."

„Indem das vordere Ende des Muskels oder vielleicht richtiger sein vorderer innerer Rand etwas nach hinten rückt, müssen notwendigerweise die Zonulafasern, die nach der Vorderfläche der Linse laufen, gespannt werden. Anderseits müssen der hintere Teil des Ziliarkörpers und die Aderhaut, die nach vorne gezogen werden, den peripherischen Teil des Glaskörpers gegen die Hinterfläche der Linse mit sich ziehen. Und aus diesen beiden Bewegungen kann, soweit ich sehe, sich nichts anderes ergeben, als daß der Randteil der Linse zusammengedrückt wird. Wenn aber der Randteil infolge des Druckes abgeplattet wird, so muß meines Erachtens der zentrale Teil notwendigerweise dicker werden und sich

stärker wölben. Und da wir diese Veränderungen auch wirklich beobachten können, wenn das Auge für die Nähe eingestellt wird, so nehme ich an, daß der Akkommodationsmechanismus so oder annähernd so ist, wie ich ihn eben beschrieben habe."

„Der wesentlichste Punkt bei der Akkommodation ist sicher die Wirkung des Muskels auf den Glaskörper. Der Muskel bietet dem Glaskörper nicht Widerstand, sondern er zieht vielmehr dessen peripherischen Teil nach vorn (innen) und drängt ihn dabei gegen den Randteil der Hinterfläche der Linse. Dieser gibt dem Druck nach und plattet sich ab, oder wird sogar konkav. Gleichzeitig werden die nach der Vorderfläche der Linse ziehenden Zonulafasern angespannt. Die Formveränderung der Linse wird so leicht verständlich."

Sämtliche Theorien bezogen sich auf die Akkommodation des Menschen, und der Streit drehte sich nur um das menschliche Auge.

Es stand daher die Frage offen, inwieweit diese Theorien oder welche von ihnen wohl Gültigkeit für die akkommodativen Veränderungen im Tierauge haben würden.

Im Jahre 1882 trat Exner [13] für die Helmholtzsche Theorie bei der Akkommodation des Vogelauges ein, indem er schrieb: „Immer dient der in Rede stehende Muskelapparat des Vogelauges dazu, die Aufhängebänder abzuspannen und so zu ermöglichen, daß die Linse sich ihrer Gleichgewichtslage nähert."

Nach Exner war vor allen Dingen Beer [14, 15] der eifrigste Verfechter der Helmholtzschen Theorie für die Akkommodation aller höheren Wirbeltiere von den Reptilien an aufwärts bis zum Menschen.

Merkwürdigerweise wurde ziemlich lange Zeit von keiner Seite Einspruch gegen diese Anschauung erhoben, wie er doch so reichlich hinsichtlich der menschlichen Akkommodation erfolgt war.

Erst in neuerer und neuester Zeit befassen sich wieder mehrere Arbeiten mit den Akkommodationsvorgängen im Tierauge, und sie stehen zum größten Teil in direktem Gegensatz zu dem von Beer vertretenen Standpunkt.

Die Reihe der in letzter Zeit erschienenen Abhandlungen über die Akkommodation bei Tieren beginnt mit einer Arbeit v. Pflugks [16] „Über die Akkommodation des Auges der Taube nebst Bemerkungen über die Akkommodation des Affen (Macacus cynomolgus) und des Menschen". v. Pflugk bediente sich zum ersten Male einer vollkommen neuen Untersuchungsmethode. Er fand, daß sich durch schnelles Gefrieren des vorsichtig enukleierten

Bulbus mit Hilfe verflüssigter Kohlensäure das Auge sehr gut sowohl im Ruhe- wie auch im Akkommodationsstadium fixieren ließ. An der Hand derartiger Gefrierpräparate konnte v. Pflugk bei Affe und Taube während des Akkommodationsvorganges eine stärkere Wölbung sowohl der vorderen als auch der hinteren Linsenfläche nachweisen, wie sie bereits Tscherning [12] beim Menschen beschrieben hatte. Nach v. Pflugk ist die bei beiden Tierarten beobachtete stärkere Krümmung der Linsenflächen nicht auf eine Entspannung der Zonula im Sinne der Helmholtzschen Theorie zurückzuführen, sondern auf eine Spannungssteigerung während des Akkommodationsvorganges.

v. Pflugk nimmt mit Schoen und Helmholtz als Ruheform der Linse die Kugelform an, führt aber die akkommodativen Veränderungen der Linsenform auf das Einwirken äußerer Kräfte zurück und zeigt dadurch, daß sich die Linse entgegen der Helmholtzschen Anschauung bei ansteigender Akkommodation nach und nach von der Kugelform entfernt.

Gegen v. Pflugks Gefriermethode wandte sich vor allen Dingen Fischer [18, 19], indem er bestritt, daß sich auf diese Weise einwandfreie Bilder gewinnen ließen. Indessen wurden später die gleichfalls unter Anwendung der Gefriermethode bei der Schildkröte konstatierten Linsenformen v. Pflugks durch Heine [20], Heß [23] und Wychgram [22] bestätigt.

Neben v. Pflugk haben sich besonders Heß [23, 24] und Heine [20, 21] in neuester Zeit eingehend mit den Akkommodationsvorgängen in dem ganzen Tierreiche befaßt und wertvolle Beiträge zu ihrer Kenntnis geliefert. Heine ist wie Beer noch Verfechter der Helmholtzschen Entspannungstheorie für den Akkommodationsvorgang aller höheren Wirbeltiere. Dagegen hat Heß für die Vögel und Reptilien die Helmholtzsche Theorie verlassen und nimmt die Entspannungstheorie nur noch für die Akkommodation von Mensch und Affe in Anspruch.

Bei Durchsicht der in der Literatur niedergelegten, zum Teil sich außerordentlich widersprechenden Angaben sieht man, daß über den Akkommodationsvorgang der verschiedenen Tiergattungen bei weitem noch nicht das letzte Wort gesprochen ist, und daß erst noch weitere, ins Einzelne gehende Untersuchungen volle Klarheit über diese Vorgänge bringen müssen. Denn es erscheint immerhin fraglich, ob die akkommodativen Veränderungen im Auge einer ganzen Tierklasse nach einem bestimmten System ablaufen, oder ob nicht jede einzelne Tierart ihre spezifische Akkommodation besitzt.

So soll nach Beer und Heine z. B. die Würfelnatter hinsichtlich ihrer Akkommodation eine Sonderstellung unter den Schlangen einnehmen. Heß dagegen ist der Ansicht, daß der Akkommodationsvorgang bei sämtlichen Schlangen in gleicher Weise wie bei den übrigen Reptilien verläuft. Mit Recht sagt daher Pütter ([25]): „Eine Entscheidung über die einzelnen Streitpunkte in der Akkommodation der Schlangen steht noch aus.“

Ich habe mich deshalb auf Anraten des Herrn Prof. Dr. v. Pflugk mit der Akkommodation der Schlangen eingehender beschäftigt und mich bemüht, an der Hand der in der Literatur beschriebenen und einiger neuer bzw. modifizierter Untersuchungsmethoden zur Klärung dieser Frage beizutragen.

Wenn ich im folgenden mich speziell mit den akkommodativen Veränderungen im Auge der Ringelnatter beschäftige, so geschah dies einesteils, weil diese Schlangen leicht in beliebiger Menge zu beschaffen waren, anderenteils, weil gerade die Ringelnatter in der Literatur sehr eingehend berücksichtigt worden ist.

# Struktur und Bau des Akkommodationsmechanismus der Ringelnatter.

Zum Studium der anatomischen Verhältnisse wurden eine Reihe Bulbi, die frisch dekapitierten Tieren entnommen waren, in Formalin gehärtet und in steigendem Alkohol zur Zelloidineinbettung vorbereitet. Die unter Alkohol angefertigten Schnitte wurden zur deutlichen Unterscheidung der verschiedenen Gewebsarten in der Hauptsache nach van Gieson gefärbt. Einige Schnitte wurden vor der Färbung durch Behandlung mit Kalium permangan. und Oxalsäure depigmentiert. Es kamen zur Untersuchung einesteils Serien feiner Meridionalschnitte, anderenteils Flachschnitte in der Irisebene, die, am vorderen Augenpol beginnend, den Bulbus in eine fortlaufende Schnittserie zerlegten. Derartige, die Iris in ihrer Fläche treffenden Schnittserien sind, wie schon Kopsch [26] besonders hervorhebt, von besonderem Wert für die Beurteilung des Faserverlaufs der Irismuskulatur.

Eine wertvolle Ergänzung zu den in Formalin gehärteten und geschnittenen Bulbis ergaben Flächenpräparate der Iris bzw. Zupfpräparate derselben. Es wurden zu diesem Zwecke die frisch entnommenen Augen 24 Stunden in Ranvierschen (1/3) Alkohol mazeriert, sodann in der Äquatorialebene mit spitzer Schere gespalten. Wegen der Kleinheit der Objekte ist es notwendig, die weiteren Maßnahmen am Auge unter der Präparierlupe vorzunehmen. Die vordere Bulbushälfte wird auf einer weißen, rauhen Porzellanplatte auf den Augenpol gelagert und mit einer spitzen Präpariernadel auf der Unterlage festgehalten. Es läßt sich nun mit einer zweiten Nadel mühelos durch Druck auf die Linse dieselbe aus ihrer Umgebung entfernen, wobei fast ausnahmslos das der hinteren Irisfläche aufgelagerte Pigmentepithel teilweise abgerissen wird und der vorderen Linsenkapsel in einzelnen Fetzen anhaftet. Mit einer spitzen Schere wird hierauf ein Radiärschnitt bis zur Pupillenmitte

durch Sklera, Aderhaut, Ziliarkörper, Iris und Kornea geführt, und von der Schnittfläche ausgehend läßt sich unter vorsichtigem Ziehen die Iris vollständig an ihrer Verwachsung vom Hornhautsporn ablösen. Die bei geschicktem Präparieren vollständig erhaltene Iris wird auf einem Objektträger ausgebreitet und in physiologischer Kochsalzlösung bzw. Glyzerin untersucht. Die Kontrolle der vorsichtig abgelösten und ebenfalls auf dem Objektträger ausgebreiteten vorderen Linsenkapsel ergibt, daß beim Loslösen der Linse von der Hinterfläche der Iris, das Gewebe der Iris nicht leidet, nur daß das hohe Pigmentepithel der Iris sich zum Teil unversehrt von seiner Unterlage gelöst hat. Stellenweise scheinen die Epithelien zerrissen, insofern als ihre Basalschicht auf der Iris, der größere Teil des Zellkörpers aber an der Linsenkapsel haften bleibt. Mehrere Irides wurden durch zwei Radiärschnitte halbiert und von der einen Hälfte die Endothelschicht, von der anderen die Pigmentschicht nach der Deckglasseite gerichtet. Man kann auf diese Weise beide Befunde leicht miteinander vergleichen. Diese Präparate wurden ungefärbt sowohl im einfachen durchfallenden Licht als auch bei eingelegter Zentralblende (Dunkelfeld) mit und ohne Verwendung des Beleuchtungsspiegels untersucht und lieferten sehr gute Übersichtsbilder. Gerade das Dunkelfeld ergab sehr guten Aufschluß über die einzelnen Irisschnitte. Die Untersuchung derartiger Flächenpräparate scheint bisher für das Studium der Irismuskulatur nicht verwendet worden zu sein, wenigstens fand ich in der diesbezüglichen Literatur keinerlei Angaben darüber.

Über den Schlangenbulbus als Ganzes äußert sich Beer [14] auf Grund des von ihm untersuchten großen Materials, wie folgt: „Die Wandungen des fast kugelig gewölbten Bulbus enthalten weder Knorpelplatten noch einen Knochenring, sind aber doch, in dieser Hinsicht abweichend vom Alligatorauge, dem auch jene starren Elemente fehlen, von so großer Festigkeit — starkes Bindegewebe der Sklera —, daß der enukleierte Bulbus seine Form gut behält; Einsinken der am Rande stark verdickten Hornhaut, wie es an enukleierten Bulbis von Schildkröten so leicht beobachtet wird, kommt hier nicht vor. Die Wandungen bleiben durch den intraokularen Druck auch lange nach der Enukleation gut gespannt.“

„Die Vorderkammer ist geräumig und tief. Die Iris gleitet nicht, wie bei den Eidechsen z. B., zum großen Teil auf der Linse nur einen kleinen zentralen Teil freilassend, sondern zieht als ein fast queres Diaphragma, das nur ein wenig über den Rand der Linse reicht, durch das Auge.“

Heß ([23]), der in Gemeinschaft mit Fischer den Akkommodationsvorgang der Reptilien bearbeitet hat, bemerkt zur Anatomie des Schlangenauges folgendes: „Der vordere Skleralabschnitt ist bei allen von uns untersuchten Schlangen außerordentlich weich; er unterscheidet sich dadurch wesentlich von jenem der Saurier und ähnelt einigermaßen dem beim Alligator."

„Bei sämtlichen Nattern fanden wir konstant am uneröffneten, eben enukleierten Auge in der Sklera zwei kleine, faltenartige Furchen, die dicht hinter der Korneoskleralgrenze beginnen und meridional bis nahe zum Äquator des Auges verlaufen; sie haben eine konstante Lage, die eine ist ziemlich genau nach hinten, die andere nach unten vorn gerichtet."

Im wesentlichen bestätigten meine Untersuchungen diese Befunde von Beer und Heß. Die beiden von Heß und Fischer am frisch enukleierten Ringelnatterauge beschriebenen Furchen möchte ich jedoch als postmortale Erscheinungen ansprechen. Denn am ganz frisch enukleierten Bulbus konnte ich keinerlei Furchen wahrnehmen. Erst nach vielfach wiederholter Reizung bemerkte man ein seichtes Einziehen der beiden oben beschriebenen Stellen. Und zwar traten diese Erscheinungen um so deutlicher hervor, je länger das Auge enukleiert war, und je öfter der elektrische Strom durch dasselbe geschickt wurde. Ich glaube daher nicht, daß es sich hier um physiologisch-anatomisch präformierte Sklerafalten handelt, sondern daß diese Furchen infolge einer Volumensverminderung durch Austritt von Augenflüssigkeit aus dem enukleierten Bulbus zustande kommen. Außerdem muß es von vornherein unwahrscheinlich erscheinen, daß die Skleralhülle eines prall gefüllten und in ein Knochengerüst eingebetteten Auges im lebenden Zustand nach innen eingezogen werden sollte.

Vom Ziliarkörper der Schlangen sagt Beer ([14]): „Der Ziliarmuskel fehlt vielen Schlangen."

Ebenso äußert Angelucci ([26]) über den Ziliarmuskel der Schlangen folgendes: „Bei Schlangen ist die Anwesenheit eines Ziliarmuskels an der gewöhnlichen Stelle nicht wahrzunehmen, dagegen ist oberhalb der Ziliarfortsätze zunächst der Wurzel der Iris ein großes Bündel von äquatorial laufenden, quergestreiften Muskelfasern vorhanden; diese scheinen eine Fortsetzung der Irismuskulatur zu sein und sind wahrscheinlich die Vertreter eines Ziliarmuskels."

Auch Kopsch ([27]) und neuerdings Fritzberg ([28]) haben im Ziliarkörper der von ihnen untersuchten Schlangen in keinem Falle Muskelfasern gefunden.

Diesen Befunden steht jedoch eine Angabe Mercantis (29) gegenüber, der im Ziliarkörper der Ringelnatter einen Muskel gefunden haben will, den er wie folgt schildert: „Il est situé dans ce relief de la choroide, qui constitue le procès ciliaire et il correspond par sa direction au Muscle de Müller chez les mammifères; coupé en sections il apparait rond et composé d'un certain nombre de faisceaux."

Meine eigenen Untersuchungen ergaben folgendes: Der Ziliarkörper der Ringelnatter springt als ein ringförmiger, wenig entwickelter Wulst ohne irgendwelche sekundäre Erhebungen oder Leisten zwischen Iriswurzel und Ora serrata nach dem Glaskörperraum vor. Eine flache nierenförmige Bindegewebslage, welche in ihrer Höhlung die Ziliarkörpergefäße und -nerven enthält, dient als Gerüst bildende Grundplatte. Hornhautwärts liegt ihr eine stark pigmentierte Schicht in der Art des Irisstromas auf und bildet die Begrenzung des Ziliarkörpers nach der Iriswurzel zu. Auf der Glaskörperseite wird die Grundplatte des Ziliarkörpers von einer stark pigmentierten, hohen Epithelschicht umkleidet, die auf der einen Seite in direkter Verbindung mit dem Pigmentepithel der Iris steht, auf der anderen Seite mit der pigmentierten Schicht der Aderhaut zusammenfließt. Diese pigmentierte Zellage trägt ein hohes, nicht pigmentiertes Zylinderepithel, welches den ganzen Ziliarkörper von der Ora serrata bis zur Iriswurzel überzieht. Dem Epithel liegt als Abgrenzung des Ziliarkörpers nach dem Augeninneren eine einfache Lage flacher Endothelzellen mit deutlichen Kernen auf. In der Nische zwischen Ziliarkörper und Ora serrata eingebettet, findet sich, einen Teil des Bulbus umgreifend, die große Netzhautvene. Hornhautwärts ist die Basis des Ziliarkörpers bzw. die ihr aufliegende Iriswurzel durch die zarten Fasern des Lig. pectinatum mit der Sklera verbunden. Glatte oder quergestreifte Muskelfasern konnte ich auch an depigmentierten Präparaten im Bereiche des Ziliarkörpers in keinem Falle nachweisen.

Die Iris der Ringelnatter hat eine schlanke, langgestreckte Form und ist in ihrer ganzen Ausdehnung von annähernd gleicher Dicke; die Iriswurzel liegt zum Teil noch der Basis des Ziliarkörpers an. Über die einzelnen Irisschichten geben die oben beschriebenen Flachpräparate von frisch untersuchten Irides sehr guten Aufschluß. Man konnte an ihnen unterscheiden:

1. das aus großen polygonalen, stark pigmentierten Zellen bestehende Pigmentepithel,

2. die von Kopsch [27] bei Coronella laevis — nicht aber bei der Ringelnatter — beschriebene Lage „weißer Pigmentzellen“,
3. die quergestreifte Irismuskulatur,
4. das starkpigmentierte Irisstroma.

Die ganze hintere Fläche der Iris wird von einem großzelligen Pigmentepithel (Abbild. 1 u. 2, a) überzogen, das sich am Pupillenrand korneawärts leicht umschlägt. In den einzelnen Zellen ist das Pigment in Form grober Körnchen in so reichlicher Menge vorhanden, daß die Zellgrenzen nur an depigmentierten Schnitten und an den Irisflächenpräparaten sichtbar sind. In der Umgebung des Kernes ist die Pigmentierung spärlicher als in der Peripherie der Zellen, weshalb sich die Kerngegend als helle Stelle an den Flächenpräparaten deutlich abhebt. Der Zelleib ist von unregelmäßiger, meist kubischer Gestalt und von beträchtlicher Höhe und enthält einen großen bläschenförmigen Kern.

Auf das Pigmentepithel pflegt im allgemeinen als zweite Irisschicht die Dilatatorschicht zu folgen, die bei einzelnen Tiergattungen auch als Bruchsche oder Henlesche Membran bezeichnet wurde, bis ihr muskulöser Charakter von Grynfelt (zit. nach Franz) entdeckt worden war. Es haben sich zwar besonders in neuerer und neuester Zeit zahlreiche Forscher mit dieser Irisschicht bei den einzelnen Tieren und beim Menschen beschäftigt, aber für die Reptilien fehlen noch neuere Untersuchungen.

Vom Dilatator der der Ringelnatter nahe verwandten Coronella laevis sagt Kopsch [27]: „Die (quergestreiften, radiär verlaufenden) Dilatatorfasern sind erheblich dünner als die des Sphinkters; sie sind am zahlreichsten in der Iriswurzel und nehmen nach dem Pupillenrande zu allmählich an Zahl ab.“

Ebenso spricht Koganei [30] einzelne radiär verlaufende, quergestreifte Muskelfasern für einen Dilatator an.

Diese Angaben müssen jedoch Bedenken erregen. Denn auch bei den Vögeln hatte man zunächst einzelne quergestreifte, radiär verlaufende Muskelfasern für einen Dilatator gehalten, bis zuerst v. Pflugk [16] und später Zietzschmann [31] und Andreae [32] zeigten, daß diese einzelnen radiären Fasern zum System des Sphinkters gehörig zu betrachten sind, während den eigentlichen Dilatator im Auge der Vögel eine kontinuierliche Zellschicht bildet, die dem Pigmentepithel der Iris aufliegt. Es lag somit nahe, auch bei der Ringelnatter ähnliche Verhältnisse zu

suchen. Denn die auch von mir in der Iris der Ringelnatter beobachteten radiär verlaufenden Muskelfasern und Muskelfaserbündel waren viel zu spärlich im Verhältnis zu der kräftigen Entwicklung des Sphinkters, als daß sie allein die Funktion eines Dilatator hätten haben können.

An den Irisflächenpräparaten waren mir von Anfang an eigenartige, langgestreckte Zellen (siehe Abbild. 1 u. 2, b) aufgefallen, die sich besonders in der temporalen Irishälfte überaus reichlich vorfanden. Bei genauerer Untersuchung ergab sich, daß sämtliche derartige Zellen in einer Ebene unter dem Pigmentepithel der Iris lagen, an der Stelle, an welcher sonst der Dilatator zu finden ist. Sie bilden jedoch keine kontinuierliche Zellschicht wie der Dilatator beim Menschen und bei den Vögeln, sondern ein bald mehr bald weniger dichtes Netzwerk. In der pupillaren Partie der Iris sind die Zellen meist langgestreckt und zirkulär gelagert, während sie in der übrigen Iris vielfach verästelt sind und ohne bestimmte Richtung, aber doch mehr oder weniger radiär verlaufen. Ungefärbt im durchfallenden Licht erscheinen sie stark lichtbrechend, im auffallenden Licht haben sie ein kreidig weißes Aussehen. Kopsch ([27]) beschreibt ähnliche Zellen bei Coronella laevis — eigentümlicherweise fand er diese Zellen nicht bei der Ringelnatter, was er ausdrücklich hervorhebt — und bezeichnet sie als „weiße Pigmentzellen“. Der Zellkern ist an ungefärbten Präparaten nicht sichtbar. Dagegen kann man an den depigmentierten und nach van Gieson gefärbten Radiärschnitten deutlich einen länglichen bis nahezu stäbchenförmigen Kern erkennen. Der Zelleib färbt sich hierbei gelb. Die Gestalt der Zellen ist verschieden, jedoch treten vorwiegend langgestreckte Formen mit stumpfen Enden auf. Die Zellen erinnern nach Form und Eigenart sehr stark an glatte Muskelzellen, und da ihre Lage unter dem Pigmentepithel der Iris, wo man doch im allgemeinen den Dilatator zu finden gewöhnt ist, die Vermutung, daß diese Zellen muskulösen Charakter besitzen, noch verstärken muß, so stehe ich nicht an, diese eigenartige Zellschicht bei der Ringelnatter als „Dilatatorschicht“ anzusprechen. Auch eine zum Vergleich herangezogene Eidechsenіris enthielt unter dem kubischen Pigmentepithel die gleiche, eben beschriebene Zellschicht. Es dürfte daher von großem Interesse sein, die Irides weiterer Reptilien in dieser Hinsicht zu untersuchen.

Von dem Sphinkter (Abbild. 1, c) einiger Reptilien sagt schon Leydig ([33]), daß er aus quergestreifter Muskulatur wie der der

Vögel besteht. Überhaupt liegen über die Natur des Sphinkter im Gegensatz zum Dilatator bereits eingehende Untersuchungen vor, die die anatomische Struktur dieser hauptsächlichsten Irismuskulatur ausführlich schildern.

Kopsch [27] beschreibt den Sphinkter der Ringelnatter wie folgt: „Die Sphinkterfasern bilden ein pupillares, ein ziliares Bündel und liegen in der ganzen übrigen Iris verstreut. Die ziliare Portion des Muskels ist auch hier die stärkste und reicht so weit seitlich, daß sie noch der vorderen Hälfte des Ziliarkörpers anliegt."

Ähnlich äußert sich Angelucci [26] über die Sphinktermuskulatur. Er glaubt, daß die in der Iriswurzel gelegene, besonders kräftige Portion des Sphinkters ein Vertreter des Ziliarmuskels ist, welcher Ansicht sich neuerdings auch Franz [34], Fritzberg [28] und andere anschließen.

Im allgemeinen fand ich die Angaben von Kopsch [27] und Angelucci [26] bestätigt. Die stark entwickelte, zirkulär verlaufende, quergestreifte Sphinktermuskulatur ist über die ganze Iris ausgebreitet. Besonders an der Iriswurzel ist der Sphinkter, der hier eine zusammenhängende, mehrschichtige, starke Lage bildet, so kräftig, daß er den Hauptbestandteil des Irisgewebes ausmacht. In der übrigen Iris liegen bald schwächere bald stärkere ringförmige Muskelbündel zerstreut, deren Fasern untereinander nach Art einer Spirale in Verbindung stehen. Von den peripher gelegenen Bündeln biegen, wie bereits bei Besprechung des Dilatator erwähnt wurde, einzelne Muskelfasern und kleinere Faserbündel in radiärer Richtung ab und enden mit einer Spitze im Irisgewebe. Die radiären Fasern sind im Vergleich zu den zirkulären nur äußerst spärlich, so daß ihnen schwerlich ein großer Einfluß auf die Erweiterung der Pupille zukommen kann, außerdem ist auch das pupillare Drittel der Iris frei von derartigen Fasern, während doch die zirkuläre Sphinktermuskulatur sich bis zum freien Irisrand erstreckt. Es ist daher anzunehmen, daß diese einzelnen radiären, quergestreiften Muskelfasern zum System des Sphinkters gehören, indem sie dazu dienen, die Kontraktionen des Sphinkters zu regulieren und die Iris zu raffen. Auch die Sphinktermuskulatur scheint in der temporalen Irishälfte stärker entwickelt zu sein als in der nasalen.

Dem Sphinkter liegt als nächste Schicht das Irisstroma (Abbild. 1, d) auf. Dieses besteht in der Hauptsache aus mehreren Lagen stark pigmentierter, sogenannter Irisstromazellen, zwischen

deren Maschen ab und zu die eine oder die andere Bindegewebszelle sichtbar ist. Die Stromazellen der Ringelnatter sind ungleichmäßige, verschieden gestaltete Zellen, mit unregelmäßigen, vielfach kolbig verdickten Ausläufern. Sie sind vollkommen mit schwarzem Pigment angefüllt und besonders in der nasalen Irishälfte so reichlich vorhanden, daß in den Flächenpräparaten infolge ihres großen Pigmentreichtums stellenweise alle übrigen Iriselemente verdeckt werden. Die Blutgefäße verlaufen innerhalb dieser Irisschicht.

Die Vorderfläche der Iris wird von der Fortsetzung des Hornhautendothels (Abbild. 1, e) überzogen. Dasselbe besteht aus einer einfachen Lage flacher Endothelzellen mit großem Kern und ist nur an depigmentierten Radiärschnitten zu sehen.

Die Linse des Schlangenauges weicht sowohl in der Form wie auch in ihrem Bau bedeutend von den Linsen der übrigen Reptilien ab. Nach Rabl ([35]) ist die Linsenvorderfläche der Ringelnatter stark kugelig, die Linsenhinterfläche nahezu plan. Henle ([36]) dagegen sagt, daß die Linse der Ringelnatter fast kugelig ist. Es stehen sich hier also zwei durchaus verschiedene Befunde gegenüber, die sich jedoch dadurch erklären lassen, daß die bisherigen Fixierungsmethoden des Auges äußerst mangelhaft waren. Nachdem nun neuerdings v. Pflugk ([16]) durch seine Gefriermethode mit Hilfe verflüssigter Kohlensäure ein neues Fixierungsverfahren in die Ophthalmologie eingeführt hat, das nach Salzmann ([37]) die beste Gewähr bietet, die Linsenform gut zu konservieren, mußte sich auf diesem Wege die richtige Linsenform der Ringelnatter leicht feststellen lassen. Ich fand an dem auf diese Weise gefrorenen Bulbus die Linse rein kugelig: Es bestätigte sich somit die bereits von Henle beobachtete Linsenform.

Der allen übrigen Reptilien und den Vögeln zukommende Ringwulst fehlt den Schlangen. Bei der Ringelnatter findet sich am vorderen Linsenpol ein von Henle zuerst entdecktes, von ihm aber fälschlicherweise allen Schlangen zugeschriebenes, hohes Zylinderepithel, das nach den Seiten hin nach und nach an Höhe abnimmt und kurz hinter dem Äquator allmählich in die Linsenfasern übergeht. Am vorderen Linsenpol sind die einzelnen Zellen dieser Epithelkalotte um das 10—12fache höher als breit, während sie in der Äquatorgegend nahezu kubisch werden. Der Kern ist in sämtlichen Zellen des Linsenepithels rund, paßt sich also nicht der Zellform an und liegt stets an der freien Seite der Zellen dicht unter der Linsenkapsel. Es vergrößert somit dieses Linsenepithel die Linse in ihrem axialen Durchmesser beträchtlich

und präformiert auf diese Weise die Entstehung eines vorderen Lentikonus.

Wie bei allen Tieren so besteht auch bei den Schlangen die übrige Linse aus einer Fasermasse, den sogenannten Linsenfasern, die Rabl in Zentral-, Übergangs- und Haupt- oder Grundfasern einteilt.

Er charakterisiert sie kurz folgendermaßen: „Die Zentralfasern sind ungeordnet, bei den Übergangsfasern beginnt eine regelmäßige Anordnung Platz zu greifen, und die Hauptfasern bauen die radiären Lamellen auf. Die letzteren bilden stets die Hauptmasse der Linse."

Die ganze Linse — also die Linsenfasermasse und das ihr seitlich und nach vorn zu aufsitzende Epithel — wird von der Linsenkapsel umschlossen, die nach Rabl als „Basalmembran" der Linsenzellen aufzufassen ist. Dieselbe ist bei der Ringelnatter im Bereich der vorderen Linsenhälfte über dem Epithel am stärksten (nach Messungen mit dem Zeißschen Okular-Mikrometer Ok. 2 Obj. DD ca. 4 $\mu$) und am hinteren Linsenpol am dünnsten (ca. 1,5 $\mu$). Eine bestimmte Struktur der Linsenkapsel ist nicht erkennbar.

Die Linse wird durch die Zonula im Auge aufgehängt und in ihrer Lage erhalten. Die Hauptmasse der Zonula, welche im Ziliarkörpergebiet von der Iriswurzel bis zur Ora serrata entspringt, geht zur vorderen Hälfte der Linse. Die nach der Äquatorgegend der Linse gerichteten Zonulafasern sind spärlicher und wesentlich dünner als die nach vorn zu gerichteten. Besonders schön ließ sich der Verlauf und die große Menge feiner Fasern an mit Osmiumsäure fixierten Präparaten erkennen.

# Die Akkommodation der Schlangen.

Noch Leuckart [38] schrieb über das Reptilienauge in seiner „Organologie des Auges“: „Über die Akkommodationseinrichtungen der Reptilien sind unsere Kenntnisse noch sehr spärlich und unvollkommen. Wir wissen kaum mehr, als daß diese Tiere einen Ziliarmuskel besitzen, der durch die Querstreifung seiner Fasern und seine Form an der Innenfläche des Verbindungsteiles mit dem entsprechenden Gebilde der Vögel eine große Ähnlichkeit besitzt, obwohl er in seiner Gesamtentwicklung beträchtlich dahinter zurücksteht.“

Seit Leuckart sind zwar unsere Kenntnisse über den feineren anatomischen Bau des Reptilienauges durch mehrere bereits näher berücksichtigte Arbeiten wesentlich gefördert worden, aber der Akkommodationsvorgang blieb noch lange Zeit unbearbeitet. Erst über 20 Jahre später brachte Th. Beer [14, 15] durch seine auf diesem Gebiete der vergleichenden Physiologie grundlegend wirkenden Arbeiten über die Akkommodation der einzelnen Tiere auch einigen Aufschluß über diesen Vorgang bei den Reptilien.

Nach Beers Beobachtungen nehmen die Schlangen hinsichtlich ihres Akkommodationsvorganges eine Sonderstellung unter den Reptilien ein.

Beer fand skiaskopisch, daß das Schlangenauge eine leicht hypermetropische bis emmetropische Refraktion besaß. Es lag somit nahe, daß den Schlangen ein Akkommodationsvermögen zukommen mußte, zumal doch viele von ihnen amphibiotisch lebten und sowohl auf dem Lande wie im Wasser ihrer Beute nachstellten.

Durch die skiaskopischen Befunde am enukleierten, faradisch gereizten Auge wurde diese Annahme bestätigt.

Bei allen untersuchten Schlangen war die Refraktion des normalen Auges stets hypermetropisch, die des faradisch gereizten Auges stets myopisch. Für die Ringelnatter ergab sich am normalen Auge eine Hyperopie von ca. 7 Dioptrien, am faradisch

gereizten Auge eine Myopie von ungefähr 8 Dioptrien, mithin die ziemlich beträchtliche Akkommodationsbreite von ungefähr 15 Dioptrien. Überhaupt beobachtete Beer, daß den Nattern eine verhältnismäßig große Akkommodationsbreite zukam, während bei vielen anderen Schlangen die Refraktionsänderungen sehr unbedeutend waren.

Sämtliche Schlangen besaßen eine positive Akkommodation; das normale Auge war im Ruhezustand für die Ferne eingestellt und mußte für die Nähe akkommodieren.

Die Beobachtung der akkommodativen Veränderungen der Linsenform mit Hilfe der Purkinje-Sansonschen Linsenbildchen führte zu keinem Ergebnis, da bei den meisten untersuchten Schlangen weder die vorderen noch die hinteren Linsenbildchen bei elektrischer Reizung des Auges ihre Stellungen zueinander änderten.

Beer hielt dadurch für erwiesen, „daß bei vielen Schlangen die positive Akkommodation des Auges nicht wie bei den Landwirbeltieren durch eine stärkere Wölbung der Kristallinse, sondern auf anderem Wege zustande kommen mußte".

Nachträglich führt Beer jedoch an, daß er im Gegensatz zu den übrigen untersuchten Schlangen bei der Würfelnatter — Tropidonotus tesselatus — ein deutliches Aneinanderrücken der vorderen Linsenbildchen bei Reizung des Auges habe feststellen können. Er hält deshalb nicht für ausgeschlossen, daß auch noch andere Schlangen, die er hinsichtlich ihres Akkommodationsvorganges nicht hat untersuchen können, ähnliche Veränderungen der Linsenbildchen zeigen können.

Bei allen übrigen, von ihm untersuchten Schlangen fand Beer, daß bei elektrischer Reizung des enukleierten Auges die in ihrer Wölbung unveränderte Linse gegen die Hornhaut zu vorrückte, wobei sich die Kammerbucht peripher beträchtlich vertiefte. Bei Sistieren des Reizes kehrte die Linse in ihre Ruhelage zurück. Während des Akkommodationsvorganges war eine leichte Einziehung der Korneoskleralgrenze zu beobachten.

Ein vorsichtig vorgenommenes Abtragen der Kornea änderte nichts an dem soeben geschilderten Akkommodationsvorgang. Dagegen trat bei Öffnung des Glaskörperraumes eine völlige Umkehrung der Linsenbewegung ein, weil jetzt der eröffnete Glaskörper dem Druck in der Vorderkammer nicht mehr das Gleichgewicht halten konnte, sondern bei elektrischer Reizung des Auges aus der Stichöffnung herausgepreßt wurde. Die Linse aber mußte sich infolge-

dessen nach der Richtung des geringsten Druckes, also glaskörperwärts bewegen.

Bei Druck mit einer Sonde auf den uneröffneten Bulbus rückte die Linse nach vorn.

Nach Beer erfolgt somit bei den von ihm untersuchten Schlangen — ausgenommen die Würfelnatter — die Akkommodation in der Weise, daß die in ihrer Form unveränderte Linse ihre Lage ändert und zwar korneawärts vorrückt.

Bei der Würfelnatter glaubt Beer sowohl eine Krümmungszunahme der Linsenvorderfläche wie auch ein Vorrücken der Linse nach der Kornea zu annehmen zu müssen.

Das Vorrücken der Linse kommt nach Beers Ansicht dadurch zustande, daß der der Iriswurzel eingelagerte ringförmige, quergestreifte Muskel bei seiner Kontraktion die Zonula entspannt und den Druck im Glaskörper steigert, welcher dann den beweglichsten Teil seiner Begrenzung — die Linse — nach vorn schiebt. Das durch die vorgerückte Lage verdrängte Kammerwasser muß nach den Seiten ausweichen, die Kammerbucht vertieft sich.

Der Iris kommt nach Beer keine wesentliche Einwirkung auf den Akkommodationsvorgang zu.

Im wesentlichen bestätigt Heine (21) die Befunde Beers, denn er schreibt:

„Übereinstimmend fand ich bei Coronella austriaca (glatte Natter) und Tropidonotus natrix ein auf elektrische Reizung erfolgendes Vorrücken der Linse; die Pupille verengt sich zunächst etwas, sofort tritt dann die Linse vor, worauf die Pupille etwas weiter und die Kammerperipherie tiefer wird.“

„Allem Anschein nach veränderte sich die Wölbung der Linsenvorderfläche dabei nicht, wie ja auch von Beer schon angegeben wurde. Die Reflexbildchen der Linsenvorderfläche lassen auch nach Abtragung der Kornea keine Veränderung erkennen.“

Nach Heines Beobachtung soll das Vorrücken der Linse so beträchtlich sein, daß bei starker Akkommodation die Linse die Innenfläche der Hornhaut berührt.

Was die von Beer beobachtete taillenförmige, leichte Einschnürung am Korneoskleralrande anlangt, so ist diese nach Heine keine physiologische Erscheinung am unverschrten Bulbus, da nur relativ sehr starke Ströme dieses Phänomen hervorriefen, während ganz schwache Ströme vollauf genügten, um das „Akkommodationsspiel in seiner ganzen Schönheit auszulösen, ohne die geringsten Gestaltsveränderungen des Bulbus“.

Der Akkommodationsvorgang ist nach Heines Ansicht unabhängig vom intraokularen Druck, denn er konnte den Glaskörperraum des Schlangenbulbus mit einem scharfen Gräfeschen Messer an mehreren Stellen durchstechen, ohne daß das Akkommodationsspiel dadurch beeinträchtigt wurde. Hierzu seien jedoch nur sehr schwache Ströme zu verwenden, damit nicht Glaskörperflüssigkeit aus den einzelnen Stichöffnungen herausgepreßt wird, wie dies bei Anwendung starker Ströme der Fall ist.

Die Akkommodation kommt nach Heine wahrscheinlich auf folgende Weise zustande: Im Normalzustand sind die Zonulafasern gespannt, die Linse wird daher in den Glaskörper hineingezogen. Die Kontraktion des Ziliarmuskels erschlafft die Zonulafasern, der Glaskörper sucht Kugelgestalt anzunehmen und drückt daher die Linse nach vorn. Das von der vortretenden Linse verdrängte Kammerwasser sucht nach den Seiten auszuweichen, die Kammer vertieft sich peripherwärts.

Beer und Heine sind also entschiedene Anhänger von Helmholtz und beanspruchen die Helmholtzsche Akkommodationstheorie voll und ganz für die Akkommodation des Schlangenauges.

Während sich die Untersuchungsbefunde von Beer und Heine im allgemeinen decken und nur hinsichtlich der Bedeutung des intraokularen Druckes für den Akkommodationsvorgang auseinandergehen, ist Heß ([23]) anderer Ansicht, nachdem er auch bei der Ringelnatter und Zornnatter ein „unzweifelhaftes, wenn auch nicht sehr bedeutendes Kleinerwerden des vorderen Linsenbildes bei Reizung“ beobachtet hatte. Seiner Meinung nach ist der Akkommodationsvorgang bei den Schlangen vollkommen analog dem der übrigen Reptilien, nur in geringerem Grade ausgeprägt. Bei den Schlangenarten, bei denen man bisher keine Wölbungsvermehrung der Linsenvorderfläche bei Reizung habe wahrnehmen können, sei diese dann eben so geringgradig, daß sie mit den uns zu Gebote stehenden Methoden nicht nachzuweisen ist. Bei sämtlichen Nattern beschreibt Heß am Korneosklerallimbus des frisch enukleierten Bulbus zwei kleine Furchen, die meridional fast bis zum Äquator verlaufen und stets dieselbe Lage besitzen. Die eine Furche ist temporal, die andere nach unten vorn gerichtet. Diese beiden Furchen sollen nicht ohne Bezug auf den Akkommodationsvorgang sein. Denn bei Reizung mit schwächsten Strömen sah Heß, daß sich die Skleralpartien in der Umgebung dieser Furchen stark gegen das Augeninnere einzogen, während die gegenüber liegenden Skle-

ralpartien bisweilen in geringem Grade hervorgewölbt wurden. Als Folge dieser Deformierung des Bulbus glaubt Heß nicht selten ein Vorrücken der gesamten Hornhaut während des Akkommodationsvorganges beobachtet zu haben.

Die Versuche Beers am äquatorial eröffneten Auge fand Heß im allgemeinen bestätigt. Bei der Würfelnatter trat auch in diesem Falle eine deutliche Krümmungsvermehrung der vorderen Linsenfläche ein. Der Behauptung Heines, daß die Linse während des Akkommodationsvorganges die Hornhaut berühre, tritt Heß auf das entschiedenste entgegen, denn der Linsenabstand vom Hornhautscheitel verringerte sich auch bei stärkster Akkommodation um höchstens $^1/_3$ bis $^1/_2$ des Ruheabstandes. Selbst bei Anwendung stärkster Ströme kommt eine Berührung von Linse und Hornhaut nicht zustande.

Eine Messung der minimalen Linsenverschiebungen hält Heß nach den heutigen Methoden für unmöglich, da bei derartig kleinen Augen bereits Bruchteile eines Millimeters bedeutende Refraktionsänderungen ergeben müssen.

Nach Heß kommt die Akkommodation bei den Schlangen in derselben Weise wie bei den übrigen Reptilien und den Vögeln zustande, und er faßt deshalb seine Resultate in den folgenden Sätzen zusammen:

„Die Wölbungsvermehrung der Linse erfolgt bei Reptilien und bei Vögeln durch Druck der Binnenmuskulatur auf die vor dem Äquator gelegenen Partien der Linsenvorderfläche; die peripheren Teile dieser werden dadurch abgeplattet, die um den vorderen Pol gelegenen stärker gewölbt. Zwischen Äquator und vorderem Pol entsteht so eine nach vorn konkave, mehr oder weniger flache, rinnenförmige Einschnürung in der Linsenvorderfläche. Im Ruhezustand zeigt letztere eine der sphärischen sich nähernde Form, bei Akkommodation entfernt sie sich von dieser."

„Der Glaskörperdruck kann nicht von ausschlaggebender Bedeutung für das Eintreten der akkommodativen Wölbungsvermehrung der Linse sein, denn diese erfolgt auch in äquatorial eröffneten, ja auch in solchen Augen, welchen der Glaskörper und die ganze hintere Bulbushälfte vollständig fehlt."

Im Gegensatz zu Beer [14] und Heine [20] nimmt also Heß — obgleich sonst wohl der eifrigste Verfechter der Helmholtzschen Akkommodationstheorie für die Akkommodation von Mensch und Affe — für die Akkommodation der Reptilien und speziell der Schlangen einen anderen Standpunkt ein, denn er sagt: „Wäh-

rend der Akkommodation steht bei Reptil und Vogel die Linse unter erhöhtem Druck und entfernt sich dadurch von ihrer weniger gewölbten Ruheform, beim Menschen steht sie während der Akkommodation unter vermindertem Drucke und nähert sich dadurch ihrer stärker gewölbten Ruheform.“

Er bestätigt somit den von v. Pflugk ([17]) in Paris ausgesprochenen Satz: „Mit steigender Akkommodation entfernt sich die Linse nach und nach von der Kugelform, welche von Helmholtz der akkommodierten Linsenform zugeschrieben wird.“

# Die Akkommodation der Ringelnatter.

## Eigene Untersuchungsmethoden und Resultate.

Nachdem Cramer (2) in seiner physiologischen Abhandlung über das Akkommodationsvermögen der Augen mit Hilfe der Purkinje-Sansonschen Reflexbilder (Hornhautbild, vorderes und hinteres Linsenbild) nachgewiesen hatte, daß während des Akkommodationsvorganges Verschiebungen der Lage der Bildchen zueinander eintreten, ist diese Untersuchungsmethode Allgemeingut geworden, und es enthält wohl jedes Lehrbuch der Physiologie schematische Abbildungen der Linsenspiegelbildchen des ruhenden und akkommodierten Auges.

Helmholtz (5) empfahl als Lichtquellen zwei Flammen, welche durch rechtwinklige Ausschnitte eines Schirmes Licht senden. Die gleichen Lichtquellen mit viereckigen, dreieckigen, runden oder punktförmigen Ausschnitten finden sich in der ganzen Literatur. Neuerdings empfiehlt Gullstrand (39) die Verwendung der ophthalmometrischen Nernstlampe mit vertikalem Spalt. Bei der Kleinheit der zu untersuchenden Augen (Durchmesser 3—5 mm) bewährte sich die Verwendung einer spaltförmigen Lichtquelle nicht, da es unmöglich war, die stäbchenförmigen Reflexbildchen in der kleinen Pupille scharf zu unterscheiden. Ich benutzte deshalb als Lichtquellen 4—10 Volt starke Osramlämpchen mit Milchglas- bzw. Gipsreflektor.

Da bei den bisher in der Literatur vorliegenden Darstellungen in der getrennten Wiedergabe der Lichtbildchen am ruhenden und akkommodierten Auge dem subjektiven Ermessen des Beobachters ein zu großer Spielraum gegeben schien, wurde bei meinen Versuchen auf Anraten des Herrn Prof. Dr. v. Pflugk die Be-

wegung der Reflexbildchen am ruhenden und akkommodierten Auge mit Hilfe der photographischen Platte festgelegt. Bei genügend heller und genügend lange ausgedehnter Expositionszeit ist es gelungen, eine Anzahl derartiger Aufnahmen herzustellen. Die Versuchsanordnung war dabei folgende: Ein Mikroskop mit schwacher Vergrößerung (Zeiß: $a_2$ Ok. 1, Vergrößerung 11 mal) wird bei abgeblendetem Spiegel so aufgestellt, daß das zwischen zwei isolierten Elektroden ruhende, frisch enukleierte Ringelnatterauge in die Mitte des Gesichtsfeldes zu liegen kommt und sich auf der Mattscheibe einer dem Mikroskoptubus übergeschobenen Zeißschen photographischen Kamera deutlich abbildet. Der besseren Übersicht halber wurde das auf den beiden Elektroden liegende Auge so orientiert, daß die nasale Augenhälfte — diese ist durch das Fehlen des goldgelben Pigments am Pupillenrande der Iris leicht kenntlich — dem Stativ des Mikroskopes zugekehrt war. Die Augenachse und die optische Achse des Mikroskops bilden eine gerade Linie. Als Reizquelle diente eine kleine konstante Batterie, die mit einem Induktionsapparat verbunden war. Zwischen beiden war eine Schaltvorrichtung derart in den Stromkreis eingeschlossen, daß durch Druck auf einen Knopf der verwendete schwache Strom beliebig lange geschlossen und geöffnet werden konnte. Die Aufnahmen geschahen im verdunkelten Zimmer. Die beiden ausschließlich als Lichtquellen dienenden Osramlämpchen wurden zu beiden Seiten des Objektives (etwas höher als die unterste Linse desselben) aufgestellt, so daß sie gleichweit von der optischen Achse des Mikroskopes und ebenfalls gleichweit von dem zu beobachtenden Auge entfernt waren. Der durchschnittliche Abstand der Lämpchen von dem zu untersuchenden Auge betrug 8—10 cm. Auf diese Weise gelang es, die Bewegungen der vorderen Linsenbildchen einwandfrei zu registrieren, dagegen war es nicht möglich, eine Bewegung der Hornhautbildchen festzustellen, sie hätte denn parallel zur optischen Achse des Mikroskops stattfinden müssen, indem sich die Augenachse während des Akkommodationsvorganges verlängern würde, was jedoch nicht beobachtet werden konnte.

Zum Vergleich des ruhenden und akkommodierten Auges wurde ein frisch enukleiertes Ringelnatterauge auf derselben photographischen Platte zugleich im Ruhe- und Akkommodationszustand aufgenommen, indem dasselbe abwechselnd zehn Sekunden lang gereizt und dann wieder zehn Sekunden lang im Ruhezustand belichtet wurde, wozu eine Gesamtbeleuchtungsdauer von ca. zwei Minuten erforderlich war. Nach Auswechseln der Platte wurde so-

dann dasselbe Auge noch extra ca. eine Minute lang im Ruhezustand belichtet. Auf der Platte des in Intervallen gereizten Auges ist eine durch die Ortsveränderung der Linsenbildchen bedingte strichförmige Linie sichtbar, die die Bewegung der Reflexbildchen während des Akkommodationsvorganges angibt. Ebenfalls läßt sich auf derselben Platte die Kontraktion der Iris während der Akkommodation deutlich nachweisen. Es ist auf diese Weise leicht, die während des auf elektrischem Wege hervorgerufenen Akkommodationsaktes eingetretenen Veränderungen einwandfrei abzulesen.

Eine skiaskopische Untersuchung am lebenden Tier ergab völlige Übereinstimmung mit Beers Resultaten, indem die Durchschnittsrefraktion ca. 7—8 Dioptrien Hypermetropie betrug. Während der Untersuchung am lebenden Tier kamen spontane Refraktionsänderungen um 3—4 Dioptrien gelegentlich zur Beobachtung. Eine Lichtempfindlichkeit der Iris konnte nicht festgestellt werden. Die skiaskopische Untersuchung des enukleierten Auges dagegen lieferte wenig brauchbare Resultate, da durch Austritt von Flüssigkeit aus dem Auge die Refraktion sehr rasch abnimmt. Wird aber ein in seiner Spannung bereits nachlassendes enukleiertes Auge gereizt, so wächst die Akkommodationsbreite bei jeder Reizung, so daß diese Resultate wertlos sind.

Eine wichtige Ergänzung zu dem unter der Lupe beobachteten ruhenden und akkommodierten Auge ergab die Anwendung der Gefriermethode v. Pflugks mit Hilfe verflüssigter Kohlensäure. Das vorsichtig enukleierte Auge wird auf dem Tisch des Leitzschen Gefriermikrotoms so orientiert, daß die durch dasselbe zu führenden Horizontalschnitte das Auge in seiner natürlichen Lage treffen. Auch mit dieser Methode gelingt in ausgezeichneter Weise die Fixierung des normalen und faradisch gereizten Auges und liefert gute Übersichtsbilder. Die Unterschiede der Linsenform oder Ortsveränderung der Linse am ruhenden und akkommodierten Auge sind jedoch so geringgradig, daß sie, wie auch Heß ([23]) hervorhebt, mit den uns zu Gebote stehenden Fixierungsmethoden nicht zur Beobachtung gelangen. Denn bei der Kleinheit dieser Augen — der Abstand des hinteren Linsenpoles vom hinteren Augenpol in einem mittelgroßen Ringelnatterauge beträgt ca. 1,4 mm — ergibt nach einer oberflächlichen Berechnung schon das Vorrücken der Linse um $^1/_{20}$ mm bereits eine Refraktionsänderung um ca. zehn Dioptrien. Es leuchtet ein, daß derartig minimale Differenzen bei dem unvermeidlichen Korn auch des besten Plattenmaterials sich

einer auch nur annähernd genauen Messung entziehen und innerhalb der Fehlergrenze jeder, auch der besten Fixierungsmethode liegen müssen.

Untersuchungen am äquatorial eröffneten Auge vorzunehmen, wie sie Beer [14] und Heß [23] ausführten, hielt ich für ungeeignet, da an dem eröffneten und auf dem vorderen Augenpol liegenden Bulbus bei Stromschluß sich die Bulbuswandungen bei einer Reihe von mir angestellten Versuchen derart deformierten und nach innen einkrempelten, daß diese Untersuchungsbefunde unmöglich in Parallele mit der natürlichen Akkommodation gestellt werden können. Sollte man aber durch Fixierung des Bulbusäquators am halbierten Auge die durch den Muskelzug hervorgerufenen Einkrempelungen vermeiden wollen, so werden wieder durch Festlegen der Bulbuswandungen andere Verhältnisse gegeben sein als im normalen und uneröffneten Bulbus. Schon die Untersuchung enukleierter Bulbi kann einer scharfen Kritik nicht gänzlich frei von Bedenken erscheinen, denn es ist immerhin fraglich, ob die akkommodativen Veränderungen in dem auch aufs vorsichtigste enukleierten Auge denen des lebenden Tieres vollkommen entsprechen.

Versuche, das Auge in situ zu belassen und durch eine, in das den Bulbus umgebende Gewebe eingeführte Doppelelektrode zu reizen, ergab für die Lageveränderungen der Linsenbildchen kein eindeutiges Resultat, da durch die gleichzeitig erfolgende Reizung der äußeren Augapfelmuskeln der Bulbus sofort seine Lage änderte, so daß eine Kontrolle der Linsenbildchenverschiebung im Mikroskop unmöglich wurde.

Mit Hilfe der oben angeführten Untersuchungsmethoden konnte ich am Auge der Ringelnatter bei Reizung durch den faradischen Strom folgende akkommodativen Veränderungen beobachten:

Die von Heß [23] beschriebene Furchenbildung tritt am längere Zeit enukleierten und mehrfach gereizten Ringelnatterauge unzweideutig in die Erscheinung. Da ich dieselbe aber niemals am frisch enukleierten, unversehrten Bulbus gefunden habe, halte ich sie, wie bereits oben erwähnt, für eine postmortale Erscheinung.

Eine Veränderung der Hornhautwölbung bei Stromschluß konnte ich — mit Ausnahme einer geringen Einziehung der Übergangsstelle der Hornhaut in die Sklera, welche jedoch ebenso wie die Furchenbildung nur am längere Zeit enukleierten und öfter gereizten Bulbus einigermaßen deutlich auftritt — nicht mit Sicherheit feststellen.

Die wesentlichsten und hervorstechendsten Veränderungen am enukleierten Ringelnatterauge spielen sich an der Iris und der Linse ab.

An Gefrierschnitten des nicht gereizten Auges erstreckt sich die in der Pupillenmitte durchschnittene Regenbogenhaut in leicht gewelltem Verlauf von der Iriswurzel nach dem Linsenrande. Der der Iriswurzel anliegende Ziliarkörper hebt sich als ein gering entwickelter und nur wenig in das Augeninnere vorspringender, rundlicher Wulst undeutlich ab. Die Linse ist rein kugelig ohne Einschnürung und ragt in ihrem vorderen Teil in die Pupillenöffnung vor.

An Gefrierschnitten des faradisch gereizten bzw. mit Nikotin behandelten Auges erscheint die Iris straff gespannt und der Ziliarkörper hebt sich deutlich von der Iriswurzel ab. Es fällt auf, daß sich am gereizten Auge die Pupillenebene ein wenig in ihrer Lage verändert hat, insofern als der Pupillenrand hornhautwärts verschoben ist. Dabei ist der periphere, freie Irisrand, besonders aber die nasale Hälfte desselben, gegen die Linse zu aufgeschlagen, so daß er in Form eines schmalen Bandes der Linsenfläche aufliegt.

Es wird also durch die Gefrierschnitte bestätigt, daß während der Akkommodation die Vorderkammer in der Pupillargegend seichter wird, während sie sich nach der Iriswurzel zu vertieft. Es ist dies am farbenfrischen, gefrorenen Präparat wesentlich besser zu sehen, als ich es im photographischen Bild auf der Platte abbilden konnte.

Die Bildung eines vorderen Linsensegments in Form eines Lenticonus anterior konnte ich an Gefrierschnitten nicht einwandfrei nachweisen.

Für die Möglichkeit einer akkommodativen Veränderung der Linsenform durch Verlängerung der Linsenachse bzw. Bildung eines Lenticonus anterior würde das bandförmige Anlegen des Pupillarrandes an die Linse sprechen. Es konnte jedoch durch keine der von mir verwendeten Untersuchungsmethoden unterschieden werden, ob während der Akkommodation eine Verlängerung der Linsenachse bzw. Bildung eines Lenticonus anterior oder ein Vorrücken der Linse in toto stattfindet.

Für die Beobachtung des frisch enukleierten, auf der Doppelelektrode ruhenden Ringelnatterauges im Mikroskop ist es erforderlich, sich über die Lage des Bulbus genau zu orientieren

Die Pupillaröffnung des ruhenden Auges liegt nahezu konzentrisch zur Hornhautbegrenzung (Abbild. 3).

Die Pupillaröffnung des akkommodierten Auges liegt jedoch nicht konzentrisch zu der des ruhenden Auges, sondern es tritt eine, von mir ausnahmslos beobachtete, Verschiebung der Pupillaröffnung nach der Nasenseite zu während des Stromschlusses ein (Abbild. 4. 4 a).

Die Verschiebung der Pupille war an allen untersuchten Augen nachzuweisen, jedoch in bald mehr bald weniger hohem Grade ausgeprägt. Sie kommt dadurch zustande, daß sich die nasale Irishälfte bei der Kontraktion des Sphincter iridis wesentlich weniger verbreitert als die temporale Irishälfte.

Die an der Linse sich abspielenden Veränderungen während der faradischen Reizung des Auges, konnten durch Beobachtung der vorderen Linsenbildchen leicht kontrolliert werden.

Eine erhebliche Annäherung der vorderen Linsenbildchen aneinander während des Stromschlusses, war nicht nachzuweisen. Ich schließe mich daher in dieser Hinsicht den Befunden von Beer [14] und Heine [21] an.

Jedoch war einwandfrei festzustellen, daß gleichsinnig mit der Verschiebung der Pupillenöffnung nach der Nasenseite zu, eine Verschiebung der vorderen Linsenbildchen in derselben Richtung eintritt. Die Verschiebung der Linsenbildchen habe ich nicht nur ausnahmslos mit dem Auge kontrolliert, sondern es gelang auch, sie mit hinreichender Deutlichkeit auf der photographischen Platte festzuhalten, wo sie in Form eines schmalen Lichtstreifens sichtbar wird, wenn man das Auge etwa zwei Minuten belichtet und während dieser Zeit den Stromkreis öffnet und schließt (Abbild. 4. 4 a).

Erklärt werden könnte diese Verschiebung der Linse durch das Schleifen des Pupillenrandes auf ihrer Vorderfläche. Denn da sich, wie die Gefrierschnitte ergeben, der Pupillenrand während der Akkommodation als festes, ringförmiges Band der Vorderseite der Linse anschmiegt, so muß diese dem auf ihr ruhenden und sich nasenwärts verschiebenden Pupillenrand folgen.

Völlig abweichend von der im Mikroskop beobachteten Verschiebung der vorderen Linsenbildchen bei der Ringelnatter, ist die Bewegung der Linsenbildchen im Auge der Würfelnatter. Denn bei dieser ist die Verschiebung der vorderen Linsenbildchen nach der Nase zu nur eine geringe, während die Annäherung derselben

aneinander und mithin eine Wölbungszunahme der Linsenvorderfläche in auffallender Weise zum Ausdruck kommt (siehe Abbild. 5. 6. 6 a).

Aus dem Vergleich der Linsenbildchenverschiebung dieser beiden, sehr nahe verwandten Schlangen geht demnach hervor, daß die Akkommodation bei beiden Schlangenarten wohl bis zu einem gewissen Grade parallel, aber doch nicht unerheblich voneinander abweichend verläuft.

Zum Schluß dieser Arbeit ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Prof Dr. von Pflugk für die freundliche Überlassung des Themas, sowie für die vielseitige Anregung und seine jederzeit und in jeder Weise bereitwilligst gewährte Unterstützung bei meinen Arbeiten und Versuchen meinen tiefsten Dank auszusprechen.

In gleicher Weise sage ich Herrn Geheimen Rat Prof. Dr. med. et phil. Ellenberger für das lebhafte Interesse, das er stets meiner Arbeit entgegenbrachte, meinen besten und ergebensten Dank.

# Literatur.

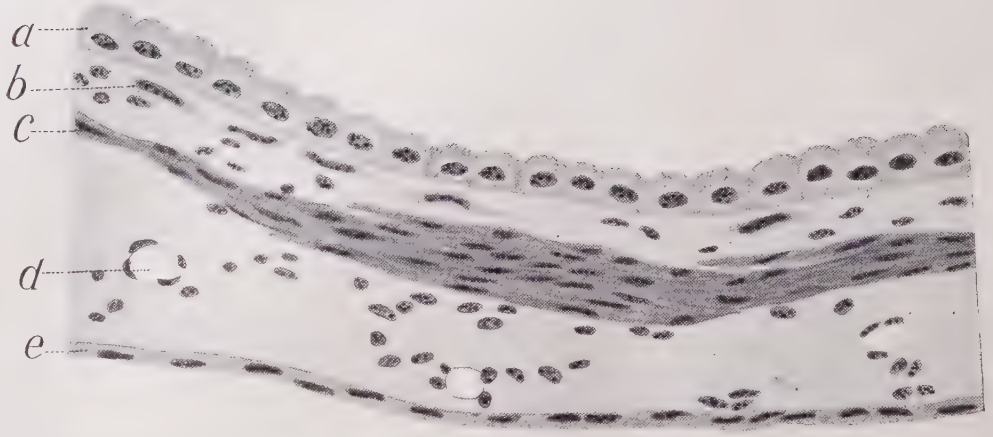

1. Th. Young: zit. nach Helmholtz, Handbuch d. physiolog. Optik.
2. Cramer: Physiolog. Abhandlg. über das Akkommodationsvermögen der Augen. Übersetzg. a. d. Holländischen. Leer 1855.
3. Langenbeck: Klin. Beiträge a. d. Gebiet d. Chirurgie und Ophthalmologie. Göttingen 1849. Zit. n. Cramer.
4. Helmholtz: Über die Akkommodation d. Auges. v. Graefes Arch. Bd. I. Abschn. II. 1855.
5. Derselbe: Handbuch d. physiologischen Optik. I. II. III. Auflage.
6. H. Müller: Über einen ringförmigen Muskel am Ciliarkörper des Menschen u. über den Mechanismus der Akkommodation. Arch. f. Ophthalmologie Bd. III. 1857.
7. Coccius: Der Mechanismus der Akkommodation des Menschen. 1868.
8. Donders: Die Anomalien der Refraktion u. Akkommodation d. Auges. Deutsche Originalausgabe. Wien 1866. Zit. n. v. Pflugk.
9. Mannhardt: Bemerkungen über die Akkommodationsmuskeln u. die Akkommodation. Graefe's Arch. Bd. IV. 1858.
10. W. Schoen: Die Funktionskrankheiten des Auges. 1893.
11. Derselbe: L'Accommodation dans l'œil humain. Arch. d'ophthalmologie Févr. 1900, n. v. Pflugk.
12. Tscherning: Hermann von Helmholtz u. d. Akkommodationstheorie. Deutsch v. Thorcy. Leipzig 1910.
13. Exner: Über die Funktion des Musculus Cramptonianus. LXXXV. Bd. der Sitzungsber. d. Kgl. Akad. d. Wissensch. z. Wien. 3. Abt. 1882. Zit. n. v. Pflugk (Taube).
14. Th. Beer: Die Akkommodation d. Auges bei d. Reptilien. Arch. f. d. gesamte Physiolog. d. Menschen u. d. Tiere. 1898. 69. Bd.
15. Derselbe: Die Akkommodation des Auges in der Tierreihe. Wiener klin. Wochenschr. 1898. No. 42.
16. v. Pflugk: Über d. Akkommodation des Auges der Taube, usw. Wiesbaden 1908.
17. Derselbe: L'Accommodation des Tortues. Congr. franç. d'ophthalm. 1908.
18. Fischer: Über Fixierung d. Linsenform mittelst d. Gefriermethode. Arch. f. Augenhk. LVI. 342.
19. Derselbe: Zur Gefriermethode bei Untersuchg. der akkommodierten Taubenlinse. Arch. f. Augenhk. LVII. 116.
20. Heine: Über die Akkommodation d. Schildkrötenauges. Zentralbl. f. Physiol. 1908. Bd. XXII.
21. Heine: Über die Verhältnisse der Refraktion, Akkommodation u. d. Augenbinnendruckes i. d. Tierreihe. Med.-naturw. Arch. 1907.

22. Wychgram: Die Akkommodation d. Schildkrötenauges. Klin. Monatsschr. f. Augenheilk. 1910. Bd. XLVIII.
23. Heß: Untersuchungen zur vergl. Physiologie u. Morphologie d. Akkommodationsvorganges. Nach gemeinsamen mit Dr. F. Fischer angestellten Beobachtungen. Arch. f. Augenheilk. 1909. Bd. LXII.
24. Derselbe: Vergleichende Physiologie. 1912. Jena.
25. Pütter: Organologie d. Auges in Graefe-Saemisch, Handb. d. ges. Augenheilk. Leipzig 1912.
26. Angelucci: Über die Entwicklung u. d. Bau des vorderen Uvealtraktus der Vertebraten. Arch. f. wissensch. Anatomie. Bd. 19.
27. Kopsch: Iris u. Corpus ciliare d. Reptilienauges. Inaug.-Diss. Berlin 1892.
28. Fritzberg: Beiträge z. Kenntnis d. Akkommodationsapparates bei Reptilien. Arch. f. vergl. Ophthal. 1912.
29. Mercanti: Recherches sur le muscle ciliaire des Reptiles. Arch. ital. de biol. T. II. Zit. n. Beer.
30. Koganci: Archiv f. mikr. Anatom. 1885.
31. Zietzschmann: Der Musculus dilatator pupillae des Vogels. Arch. f. vergl. Ophth. 1909, Jahrg. I.
32. Andreae: Die inneren Irisschichten der Hausvögel. Inaug.-Diss. Dresden 1909.
33. Leydig: Anatom.-histolog. Untersuchungen über Fische u. Reptilien. Berlin 1853.
34. Franz: Vergleichende Anatomie. Sehorgan. Jena 1913.
35. Rabl: Bau der Linse. 1893.
36. Henle: Zur Anatomie d. Krystallinse. Abhandl. d. Kgl. Gesellschaft der Wissensch. zu Göttingen. Bd. XXIII, 1878.
37. Salzmann: Anatomie u. Histologie d. menschl. Augapfels. Leipzig u. Wien 1912.
38. Leuckart: Organologie des Auges. Handb. d. ges. Augenhk. Graefe II. Bd. 2. Teil. Leipzig 1876.
39. Gullstrand: Einführung in die Methoden der Dioptrik des Auges des Menschen. Leipzig 1911.

# Lebenslauf.

Geboren am 6. März 1886 zu Gotha als Sohn des Glasermeisters Wilhelm Lesser, besuchte ich zunächst 4 Jahre die Realschule und darauf 9 Jahre das Realgymnasium zu Gotha, das ich Ostern 1905 mit dem Zeugnis der Reife verließ. Ich widmete mich sodann dem Studium der Veterinärmedizin und studierte in Hannover, Gießen, München und Dresden. Im Januar 1910 erhielt ich an der Königl. Tierärztlichen Hochschule zu Dresden die Approbation als Tierarzt. Nach meiner Approbation habe ich meiner Militärpflicht genügt und war die übrige Zeit in der tierärztlichen Praxis sowie auch am Schlachthof vertretungsweise tätig.

Abbildung 1.




**Schnitt durch die Iris der Ringelnatter** (depigmentiert).

a) Pigmentepithel.

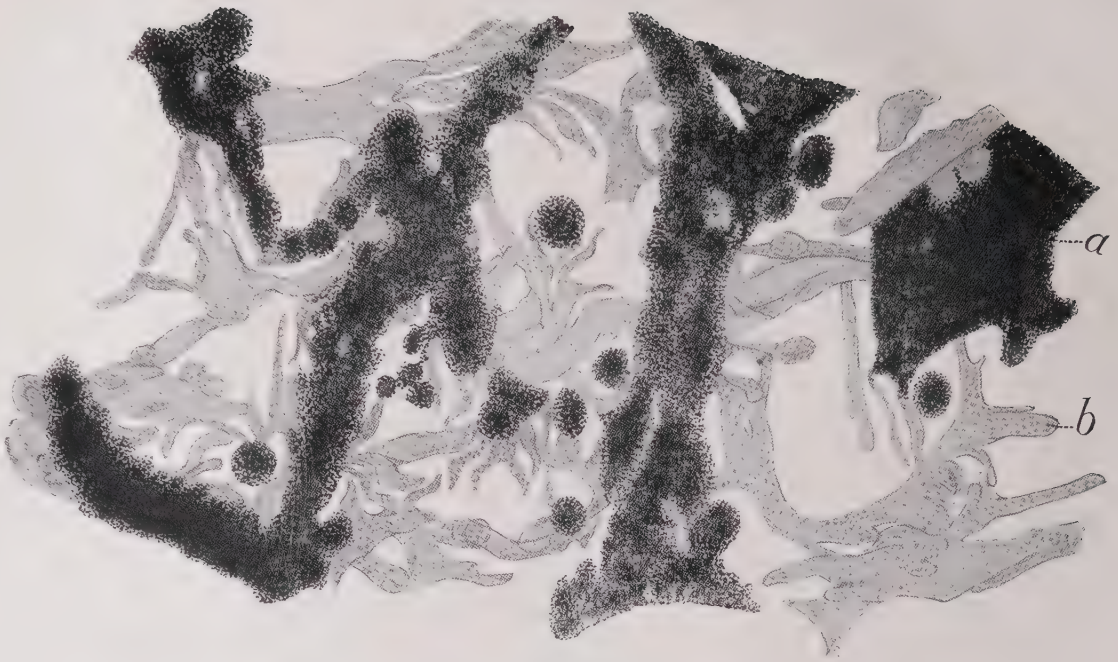
b) Eigenartige Zellschicht, die von mir als „Dilatatorschicht“ angesprochen wurde (schräg getroffen).

c) Sphinktermuskulatur (längs getroffen).

d) Irisstroma mit Gefäßen.

e) Endothel.

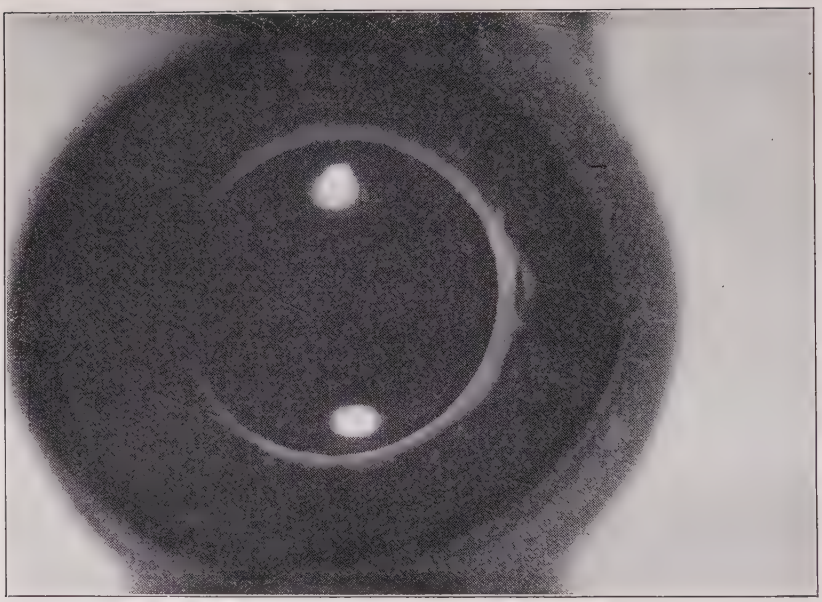
Abbildung 2.




**Iris der Ringelnatter (Flächenpräparat).**

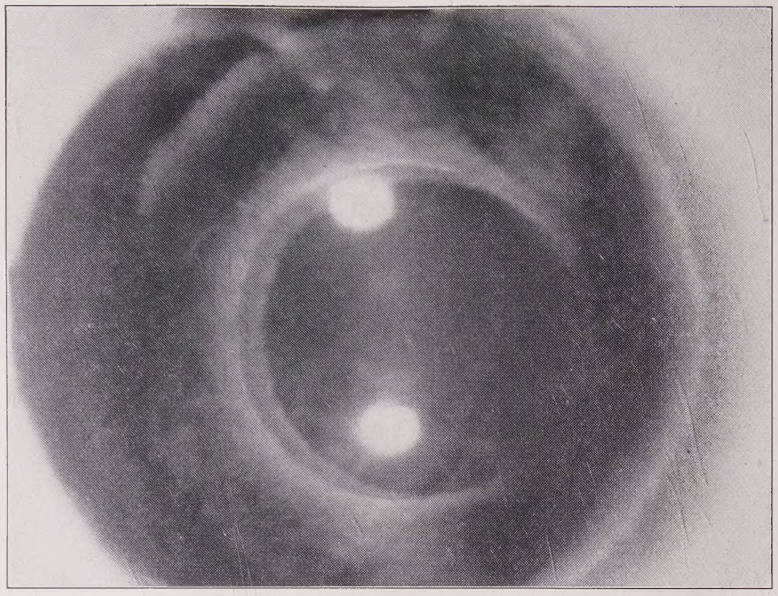
a) Reste des Pigmentepithels.
b) sog. „Dilatatorzellen“.

Abbildung 3.



**Ringelnatterauge, nicht gereizt.** (Linsenbildchenaufnahme.)

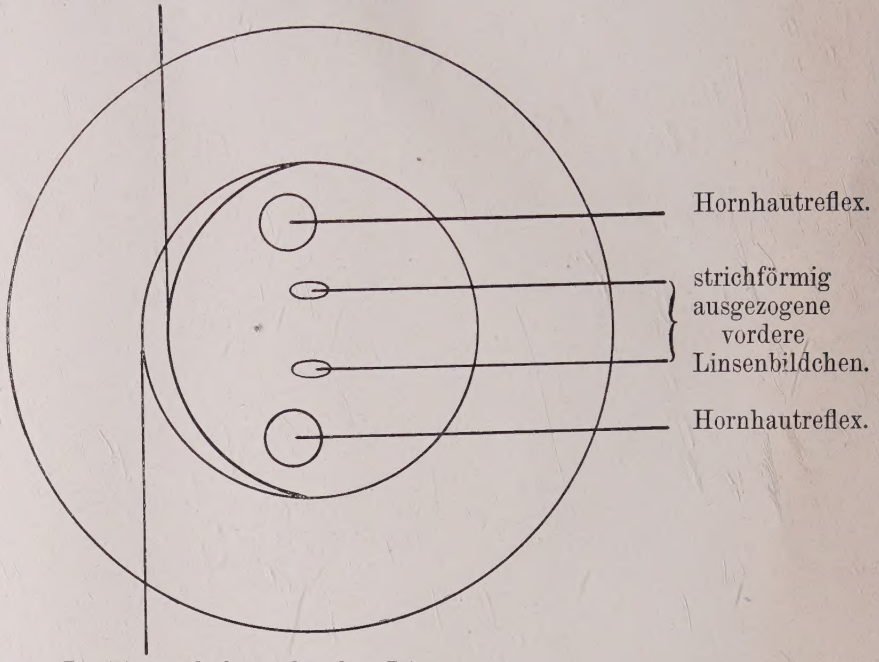
Abbildung 4.



**Ringelnatterauge, faradisch gereizt.** (Linsenbildchenaufnahme.)
Die Linsenbildchen haben sich strichförmig verschoben, ohne sich einander zu nähern.

Abbildung 4a.

Pupillarrand der faradisch gereizten Iris.




Pupillarrand der ruhenden Iris.

**Ringelnatterauge, faradisch gereizt**
(halbschematisch).